

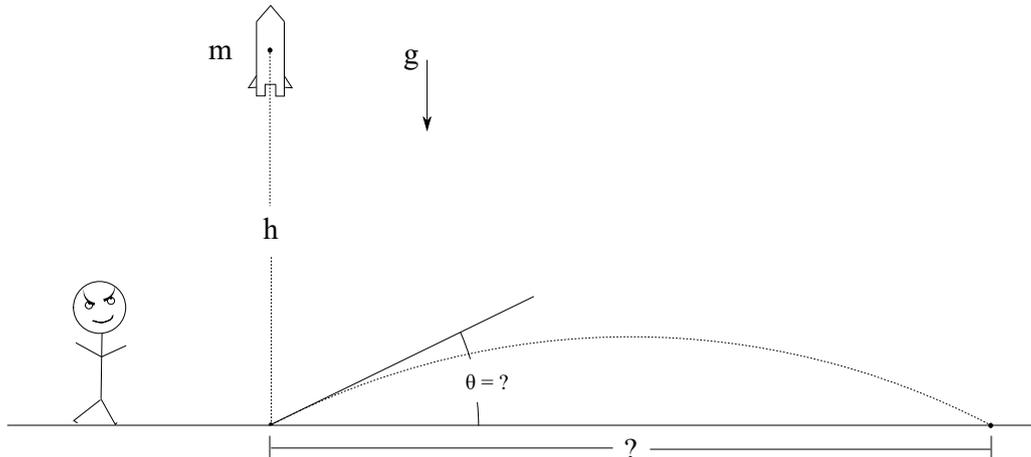
# KLASSISCHE MECHANIK

David Gross, Johan Åberg, Markus Heinrich

Übungsblatt 1 Abgabe: 18. Oktober um 12 Uhr

## 1 Deine Karriere als Diktator/-in. Heute: *Rocket science*

Wahrscheinlich haben Sie schon einmal darüber nachgedacht, was Sie so nach Ihrem Physikstudium tun sollen. Warum nicht einfach Diktator/-in irgendeines Landes werden? Mit etwas Basiswissen in klassischer Mechanik können Sie die ganze Welt mit Ihren mächtigen Raketen bedrohen.



Nehmen wir einmal an, Sie wollen nun die schöne neue Rakete testen, die Ihre Lakaien für Sie gebaut haben. Es ist ein kluger Schachzug, die Rakete vertikal abzufeuern<sup>1</sup>, denn so schaut das Ganze zwar ziemlich bedrohlich aus, provoziert aber nicht direkt Ihre Nachbarn. Um die Rechnung etwas zu vereinfachen, wollen wir annehmen, dass die gesamte Energie in dem Moment des Abschusses freigesetzt wird, so dass die Rakete danach nicht weiter angetrieben wird<sup>2</sup>. Weiterhin nehmen wir an, dass Reibung zu vernachlässigen ist, sich die Gravitation mit der Höhe nicht ändert und wir die Krümmung (sowie die Rotation) der Erde ignorieren können<sup>3</sup>.

Die Rakete habe die Masse  $m$  und erreiche die Höhe  $h$ , wenn wir sie senkrecht in die Luft schießen. Welche Distanz würde die selbe Rakete zurücklegen, wenn wir sie stattdessen unter einem Winkel  $\theta$  abschießen würden? Für welchen Winkel wird die Distanz maximal?

**Hinweis:** Was ist die benötigte Anfangsgeschwindigkeit um bei einem senkrechten Start die Höhe  $h$  zu erreichen? Benutzen Sie das zweite Newtonsche Gesetz um die Trajektorie der Rakete bei einem schiefen Abschuss zu berechnen. Welche Strecke legt diese als Funktion des Winkels  $\theta$  zurück?

**(7 Punkte)**

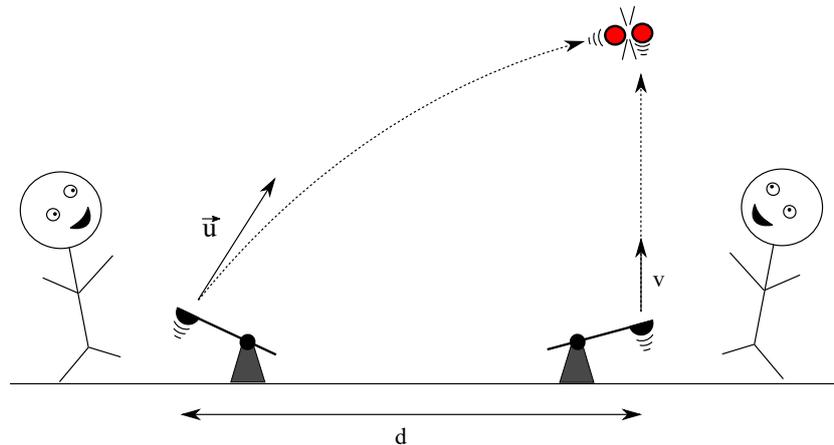
**Bemerkung:** Das Ziel dieser Übung ist es, sich mit den Konzepten Energieerhaltung, zweites Newtonsches Gesetz und Bewegungsgleichungen vertraut zu machen.

<sup>1</sup>*Dictatorship for dummies*, 2nd Edition, Wiley (2011).

<sup>2</sup>Um ehrlich zu sein beschreiben wir hier eher eine Kanone als eine Rakete, aber diese Dinge sind unter Diktatoren/-innen heutzutage weit weniger beliebt.

<sup>3</sup>Das sind natürlich keine guten Annahmen, wenn man irgendein großes Land auf der anderen Seite der Erde erreichen will.

## 2 Anna und Bernd lassen Geschosse kollidieren



**Abbildung 1:** Die Studenten Anna und Bernd haben unverschämt viel Spaß dabei Dinge in der Luft aufeinander zu schießen.

Ein Hobby der Studenten Anna und Bernd ist es Dinge mit Katapulten in die Luft zu schießen. Um das Ganze so spektakulär wie möglich zu machen, wollen sie ihre Geschosse auf dem Höhepunkt ihrer Bahnen kollidieren lassen. Anna schießt ihr Geschoss dazu vertikal mit Anfangsgeschwindigkeit  $v$  ab. Bernds Katapult befindet sich in einer Entfernung  $d$  davon. Wir nehmen an, dass die Geschosse von Anna und Bernd in der gleichen Höhe abgeschossen werden und reibungslos durch die Luft fliegen.

- a) Mit welchem Anfangsgeschwindigkeitsvektor  $\vec{u}$  sollte Bernd sein Geschoss abschießen, so dass es mit dem von Anna genau dann zusammenstößt, wenn die beiden Geschosse sich am höchsten Punkt ihrer Bahn befinden? **(4 Punkte)**
- b) Wie groß sollte  $v$  sein, so dass  $|\vec{u}|$  minimal für gegebenen Abstand  $d$  wird? **(2 Punkte)**

**Bemerkung:** Das Ziel dieser Aufgabe ist es, die Bewegungsgleichungen für ein System aufzustellen und zu lösen. Weiterhin sollen diese benutzt werden, um Parameter zu bestimmen, die eine konkrete Zielvorgabe realisieren.

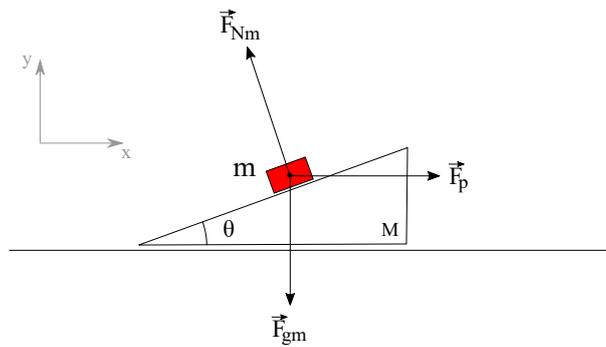
## 3 Block auf einer schiefen Ebene

Ein Block der Masse  $m$  könne auf einem Keil der Masse  $M$  reibungslos gleiten, der sich wiederum auf einer horizontalen Ebene reibungslos bewege. Der Winkel der Ebene sei  $0 < \theta < \pi/2$  und es liege eine externe Kraft  $\vec{F}_p = F_p \hat{x}$  in horizontaler Richtung an dem Block an, wobei  $F_p \geq 0$ . Weiterhin unterliege der Block der Schwerkraft  $\vec{F}_g = -mg\hat{y}$  sowie einer Normalkraft  $\vec{F}_{Nm}$ , die vom Keil ausgeht (und verhindert, dass der Block durch die Oberfläche des Keils fällt). Hierbei sind  $\hat{x}$  und  $\hat{y}$  die Einheitsvektoren in  $x$ - bzw.  $y$ -Richtung.

- a) Welche Kräfte wirken auf den Keil? (Es reicht eine qualitative Antwort, bei der Sie erklären, um welche Kräfte es sich handelt und welche Richtung sie haben, nicht welchen Betrag.)

**Hinweis:** Wir wirken nur mit der zusätzlichen Kraft  $\vec{F}_p$  auf den Block.

**(2 Punkte)**



**Abbildung 2:** Ein Block (in rot) der Masse  $m$  könne auf einem Keil reibungslos gleiten, der sich wiederum auf einer horizontalen Ebene reibungslos bewege. Hier haben wir die Kräfte, die auf den Block wirken, eingezeichnet. Diese sind die Gravitationskraft  $\vec{F}_g$ , die Normalkraft  $\vec{F}_{Nm}$  des Keils auf den Block und die externe, horizontale Kraft  $\vec{F}_p$ , mit der wir den Block ziehen.

- b) Nehmen Sie an, dass der Block und der Keil sich anfänglich nicht relativ zueinander bewegen. Wie groß muss  $F_p$  sein, dass Block und Keil in  $x$ -Richtung beschleunigt werden, sich aber nicht relativ zueinander bewegen?

**Hinweis:** Es ist oft eine gute Idee die Kräfte, die auf jedes der Objekte wirken, zu betrachten. Sie bekommen so ein Gleichungssystem.

**(5 Punkte)**

**Bemerkung:** Das primäre Ziel dieser Aufgabe ist es, den Umgang mit Kräften in zusammengesetzten System zu üben.